INTERCAMBIO DE GASES ENTRE LA ATMÓSFERA Y LOS PULMONES

Un hombre de 35 años acude a un servicio de urgencias de por disnea. En la gasometría arterial basal tiene un pH de 7.48. PaO2 de 59 mm Hg. PaCO2 de 26 mm Hg y HCO3 de 26 mEq/l. Tras administrarle oxígeno al 31% la PaO2 asciende a 75 mmHg. ¿Cuál de los siguientes diagnósticos es el más probable?:

a) Intoxicación por monóxido de carbono.
b) Enfermedad neuromuscular.
c) Crisis asmática.
d) Atelectasia del lóbulo inferior derecho por cuerpo extraño intrabronquial.
e) Síndrome de distress respiratorio del adulto.

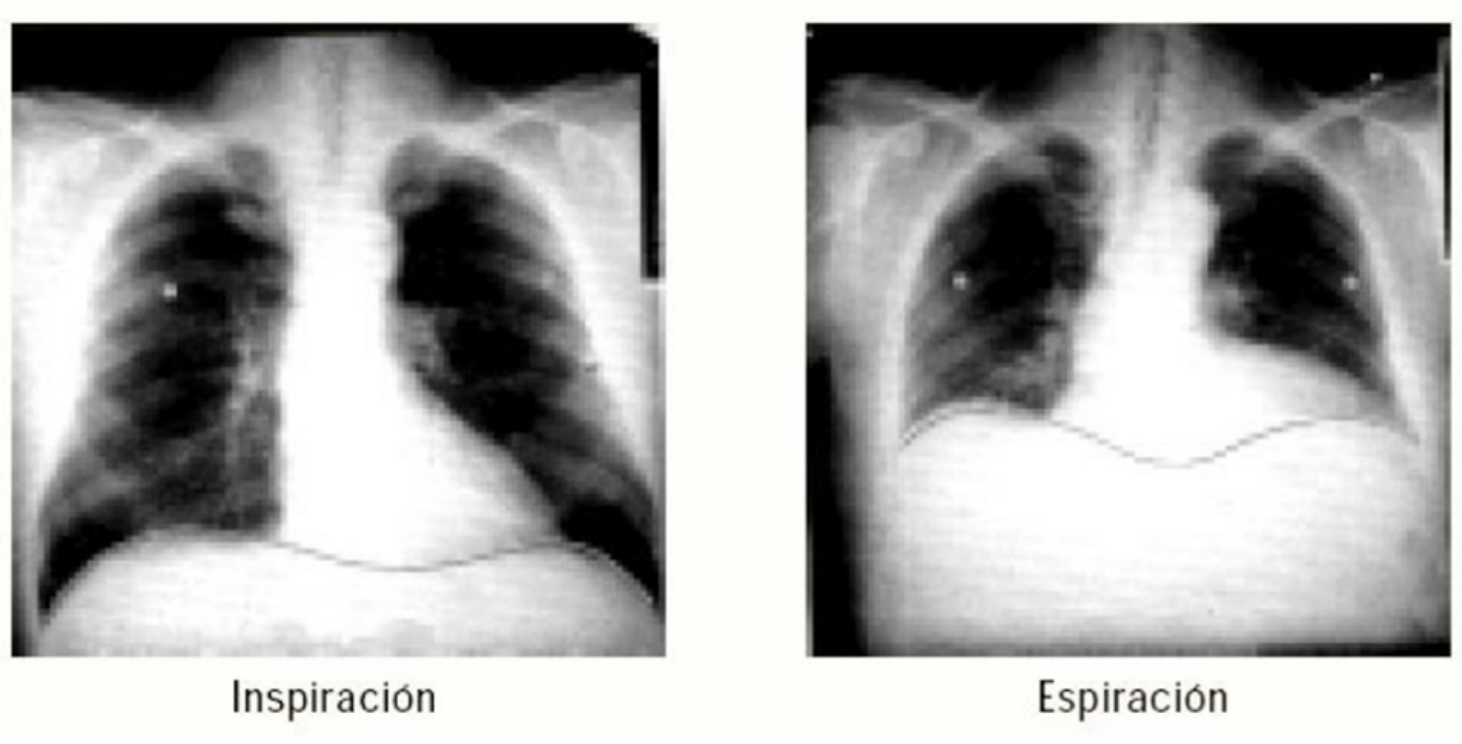
- La presión a nivel del mar, que se define como 1 atmósfera, es 760 milímetros de mercurio (mm Hg o torr).
- Al medir presiones respiratorias se asigna un valor de cero a la presión atmosférica.

12.000 m
Presión atmosférica
de 150 mm de mercurio
Cima del Everest, 8.848 m
Presión atmosférica
de 300 mm de mercurio
A mitad del ascenso al Everest
Presión atmosférica
de 500 mm de mercurio
Nivel del mar
Presión atmosférica
de 760 mm de mercurio

- Con frecuencia, las presiones respiratorias se expresan en centímetros de agua (cm H2O) debido a las pequeñas presiones en cuestión (1 mm Hg = 1,35 cm de presión de H2O).
- El aire se mueve entre la atmósfera y los pulmones debido a una diferencia de presión.

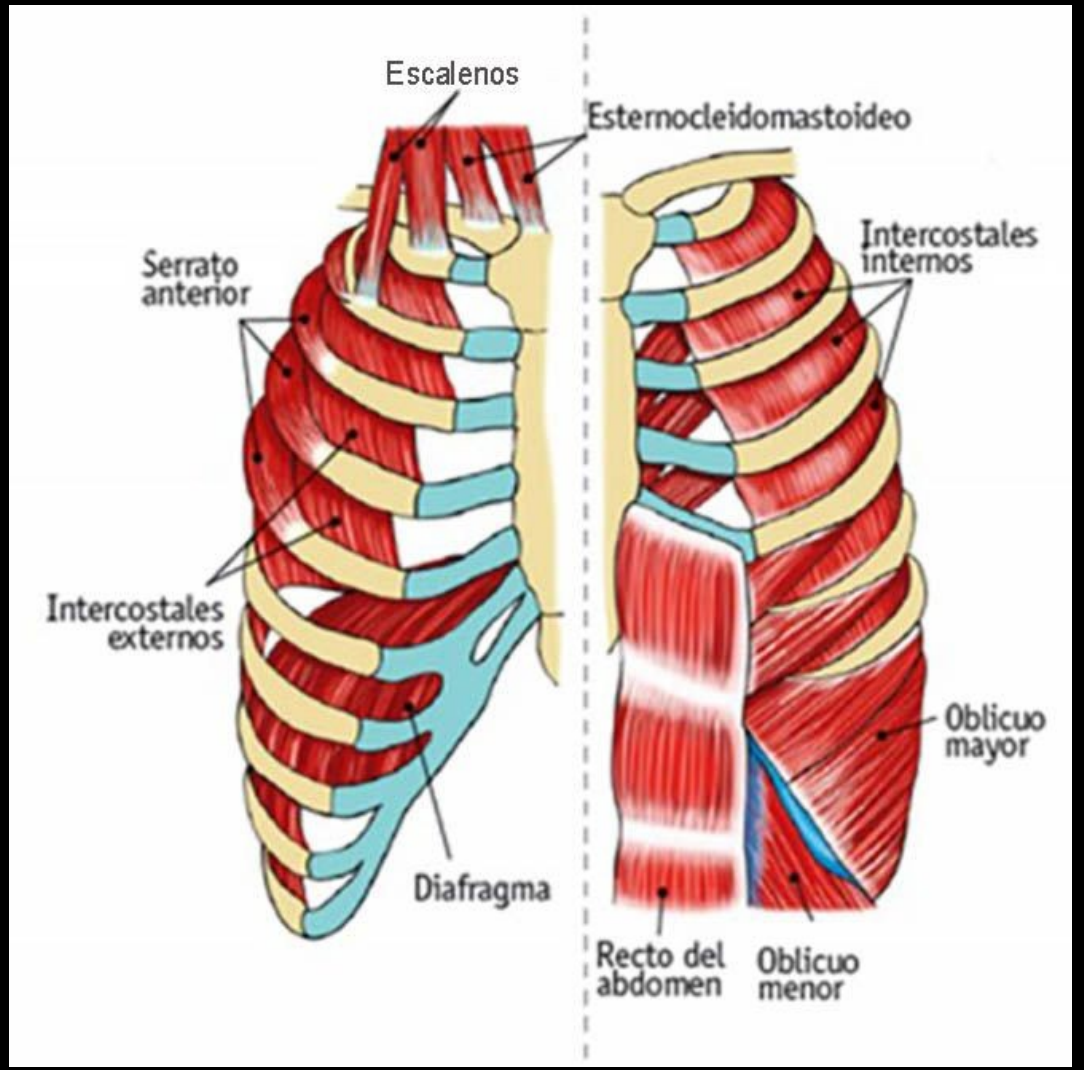
Ventilación y mecanismos de respiración.

- La ventilación se refiere al movimiento de gases que entran y salen de los pulmones.

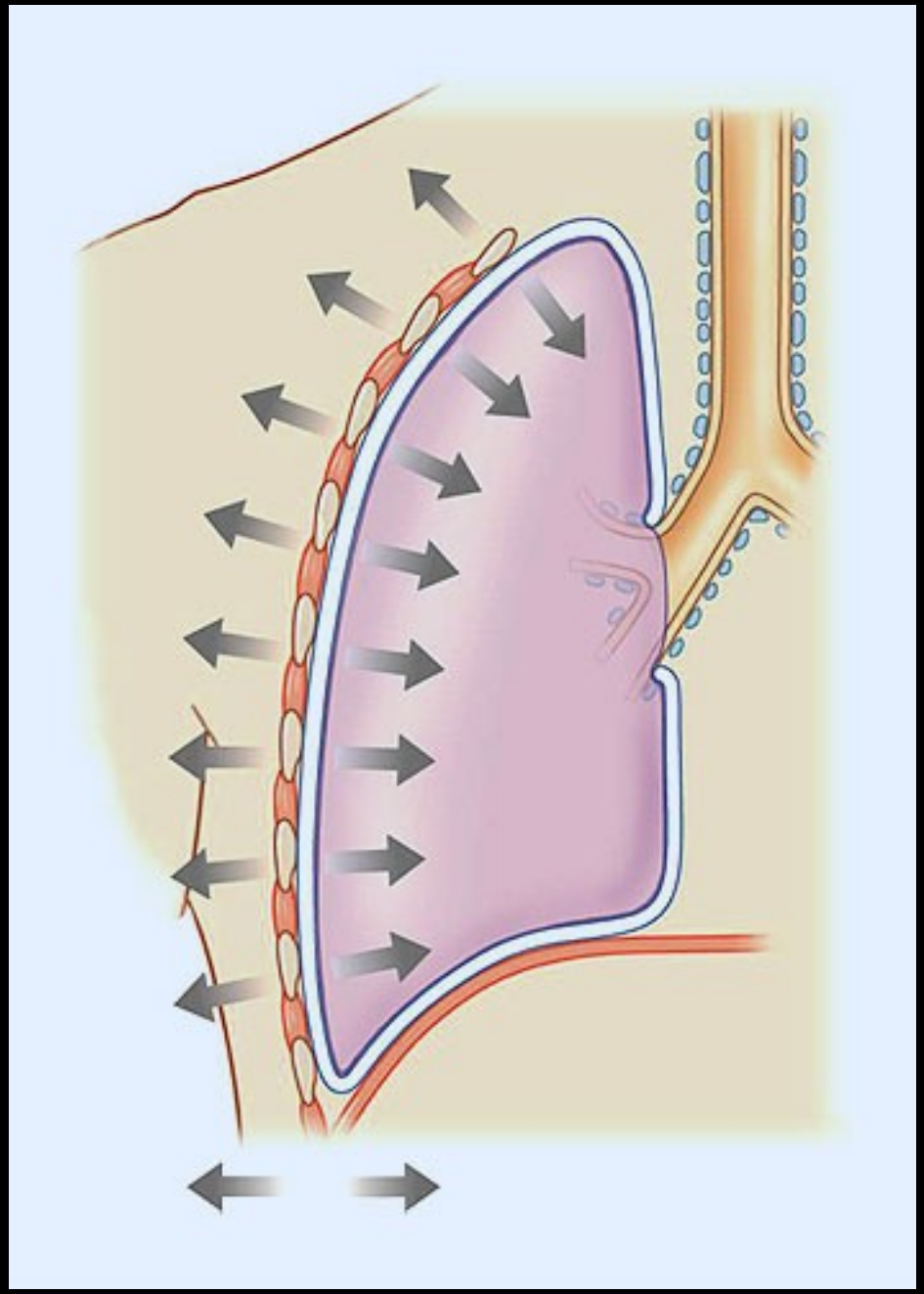


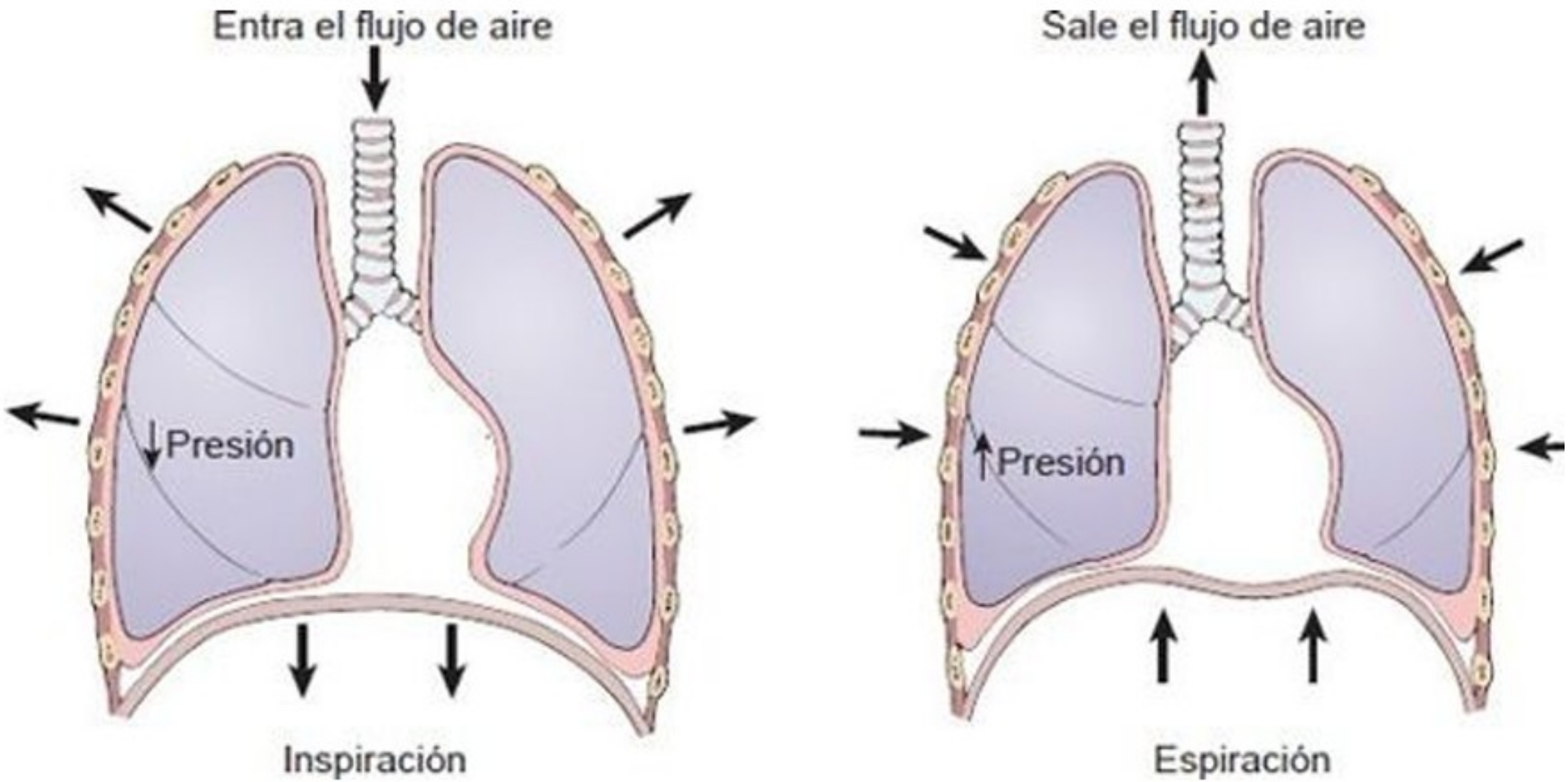
La inspiración es un proceso activo:

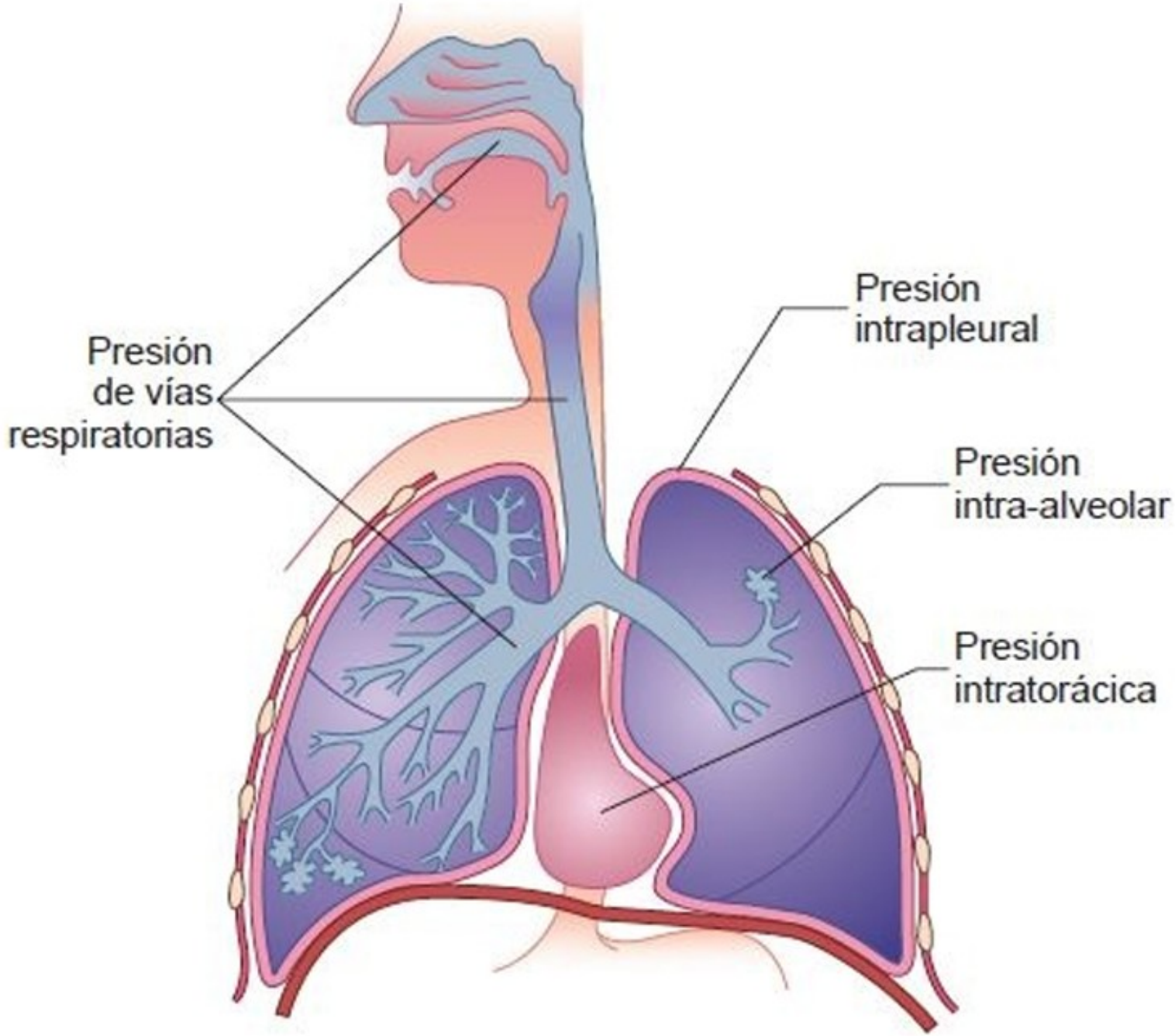
- Los músculos inspiratorios se contraen, tirando de la caja torácica disminuyendo el Pip y aumentando el volumen torácico.



- Las fuerzas adhesivas tiran de la membrana pleural, que a su vez, tira del parénquima pulmonar.
- Pulmones se estiran y el volumen intrapulmonar ↑.




Entra el flujo de aire
Presión
Inspiración
Sale el flujo de aire
Presión
Espiración


Presión
de vías
respiratorias
Presión
intrapleural
Presión
intra-alveolar
Presión
intratorácica

La hipoventilación alveolar se identifica en la gasometría arterial por el hallazgo de hipoxemia más:

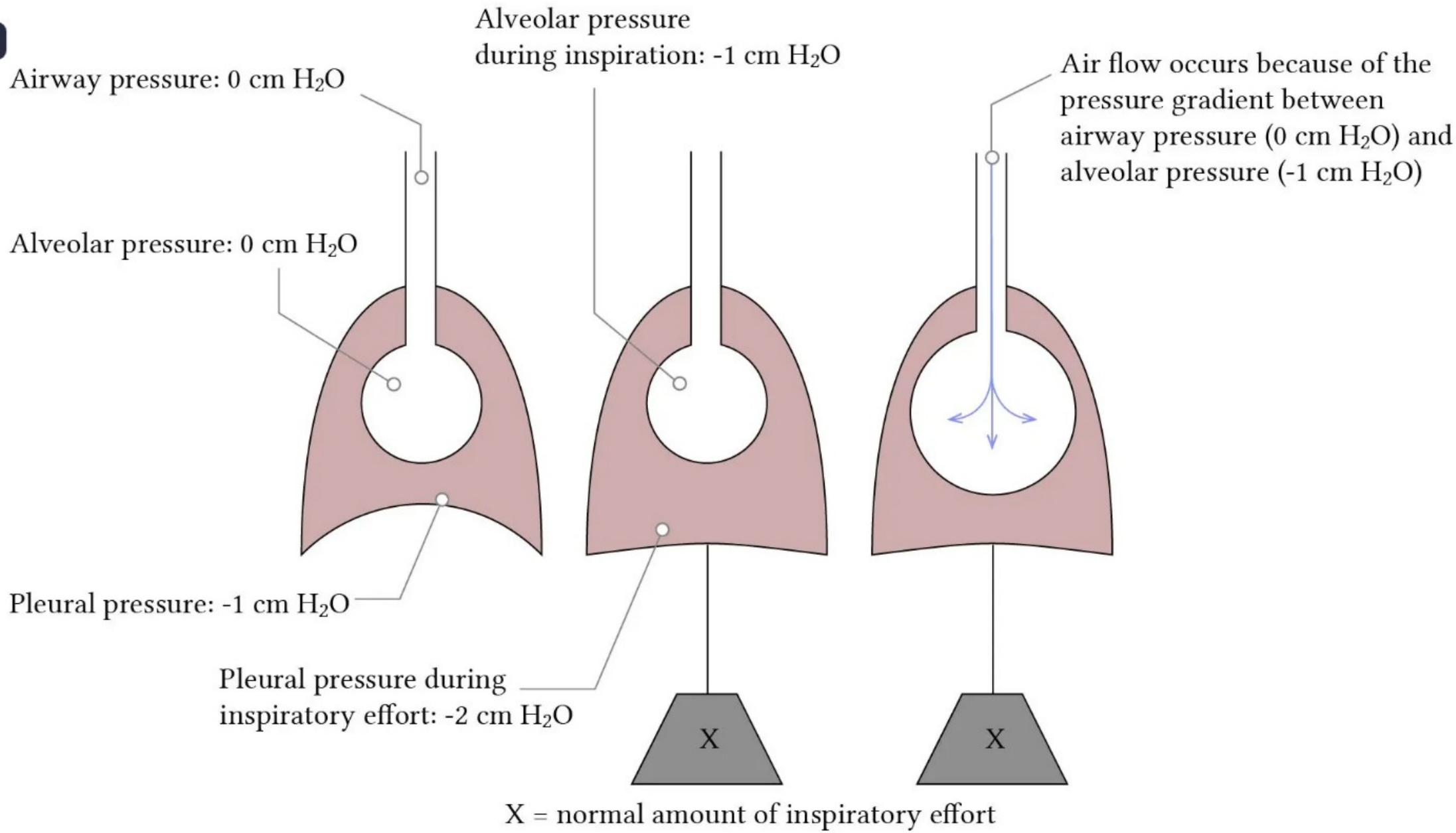
a) Hipocapnia.
b) Alcalosis respiratoria.
c) Elevación del gradiente alveolo-arterial de oxígeno.
d) Acidosis metabólica.
e) Hipercapnia.

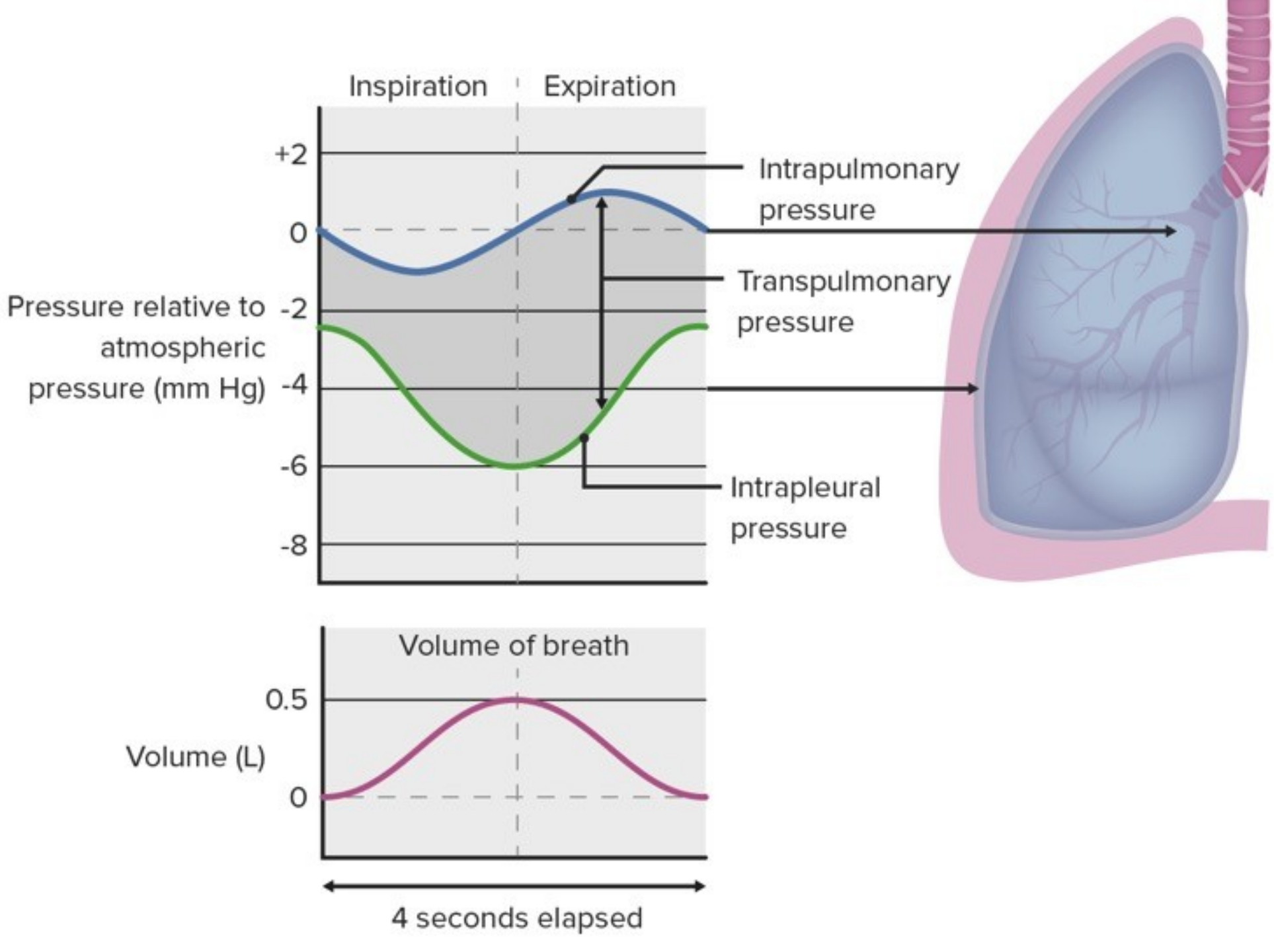
Entre las siguientes afirmaciones relativas a la hipoxia, señale la que NO es correcta:

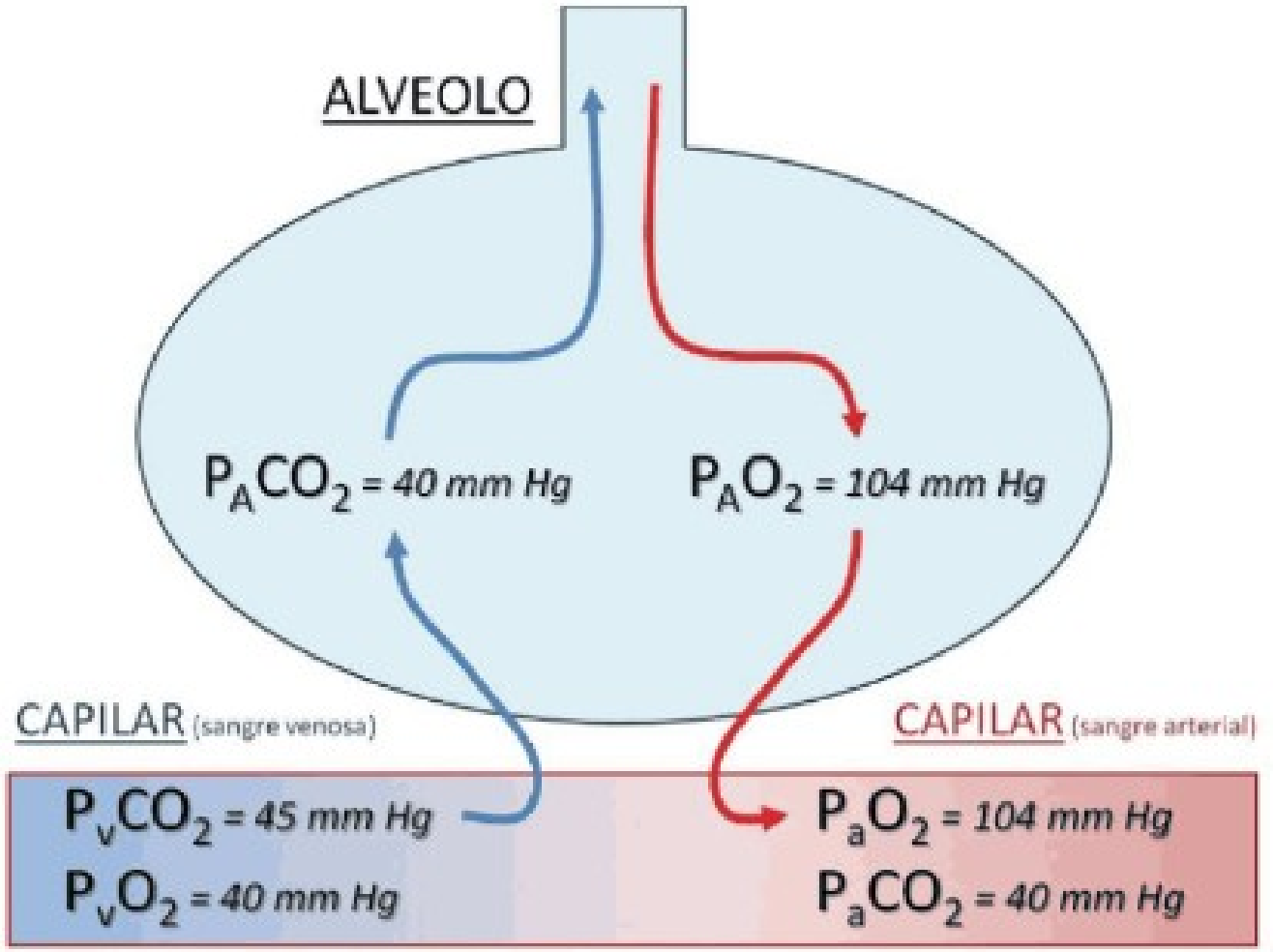
a) En la anémica hay disminución de la saturación de la hemoglobina.
b) En la hipoxémica hay disminución de presión parcial de oxígeno en sangre arterial.
c) En la circulatoria hay aumento de la diferencia arteriovenosa de oxígeno.
d) En la histotóxica el contenido de oxígeno en sangre arterial es normal.
e) La policitemia es un mecanismo compensador de la hipoxémica.

Presiones respiratorias.

- La presión dentro de las vías respiratorias y alvéolos de los pulmones se llama presión intrapulmonar o presión alveolar.
- Cuando se abre la glotis y el aire no entra ni sale de los pulmones, como la presión intrapulmonar es cero o igual a la presión atmosférica.
- La presión en la cavidad pleural se llama presión intrapleural.
- La presión intrapleural de un pulmón inflado normal es siempre negativa.


Airway pressure: 0 cm H_2O
Alveolar pressure: 0 cm H_2O
Pleural pressure: -1 cm H_2O
Alveolar pressure during inspiration: -1 cm H_2O
Pleural pressure during inspiratory effort: -2 cm H_2O
Air flow occurs because of the pressure gradient between airway pressure (0 cm H_2O) and alveolar pressure (-1 cm H_2O)
X
X
X = normal amount of inspiratory effort


Inspiration
Expiration
+2
0
-2
-4
-6
-8
Pressure relative to atmospheric pressure (mm Hg)
Intrapulmonary pressure
Transpulmonary pressure
Intrapleural pressure
Volume of breath
0.5
0
Volume (L)
4 seconds elapsed



La presión venosa de O_2 es 40 mmHg

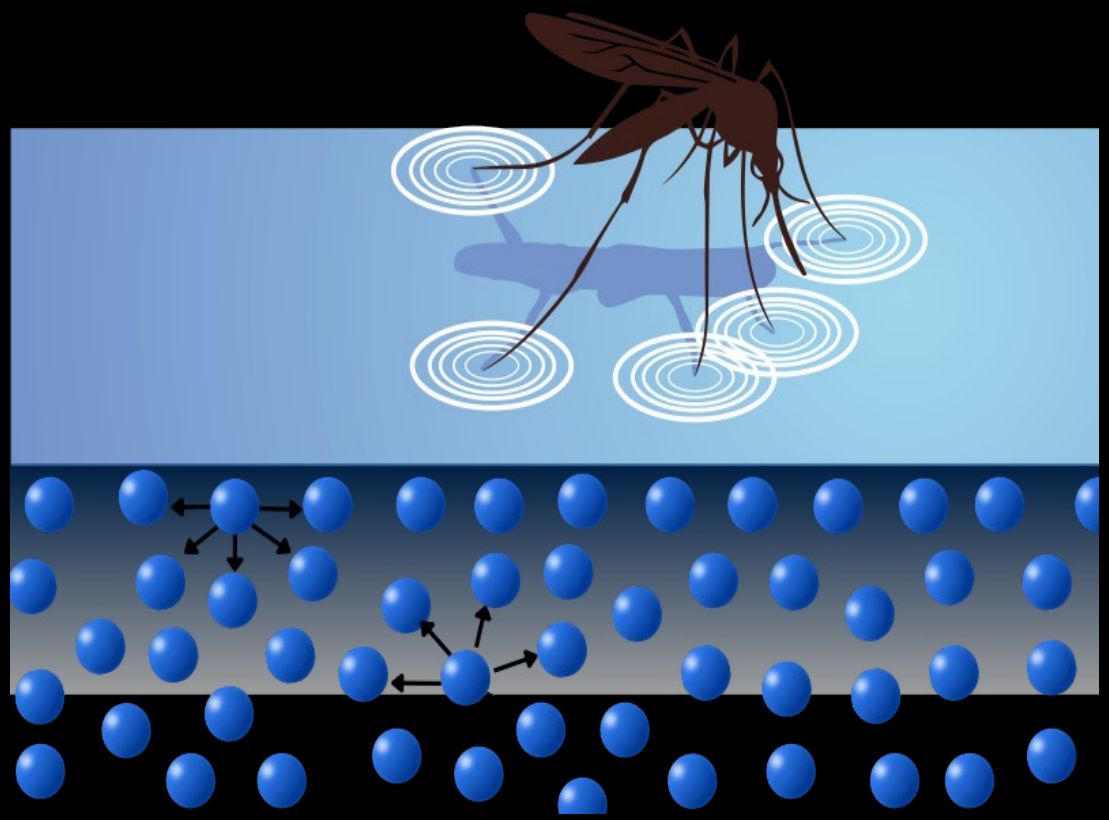
En relación con el intercambio gaseoso, ¿cuál de los siguientes enunciados es FALSO?

a) En pacientes con espacio muerto aumentado, la PCO_2 en el aire espirado medida al final de la espiración siempre es mayor que la $PACO_2$ (PCO_2 alveolar).

b) La relación normal entre espacio muerto fisiológico y volumen corriente es de aproximadamente un tercio.

c) La PAO_2 (PO_2 alveolar) debería ser siempre más alta que la PaO_2 (PO_2 arterial).

d) El porcentaje de oxihemoglobina, metahemoglobina y carboxihemoglobina nunca debe superar el 100%



Tensión superficial.

- Un factor importante en la distensibilidad pulmonar es la tensión superficial o fuerzas de atracción de las moléculas superficiales en los alvéolos.
- Los alvéolos están revestidos con una delgada película de líquido y es en la interfase entre esta película líquida y el aire alveolar que la tensión superficial se desarrolla.
- Esto, porque las fuerzas que mantienen juntas las moléculas de agua de la película líquida son más fuertes que las que mantienen juntas a las moléculas de aire en los alvéolos.

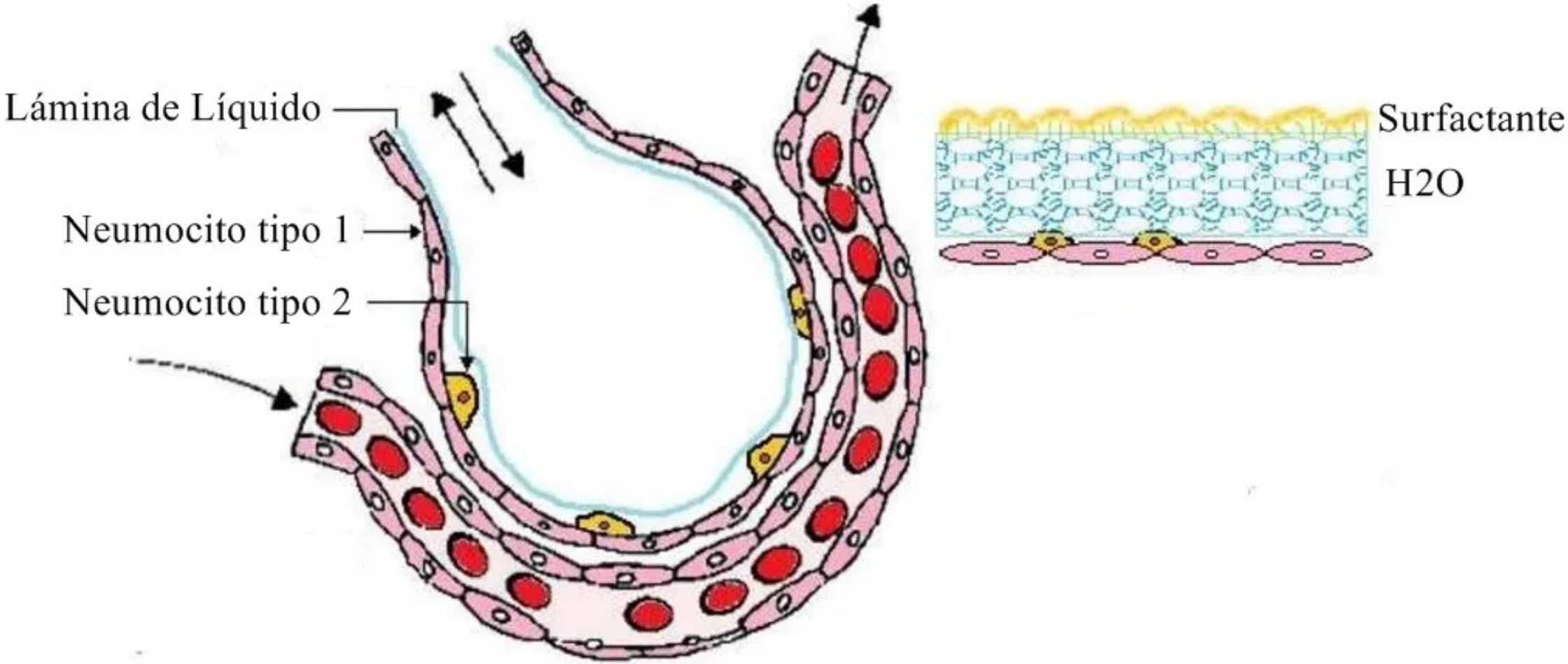
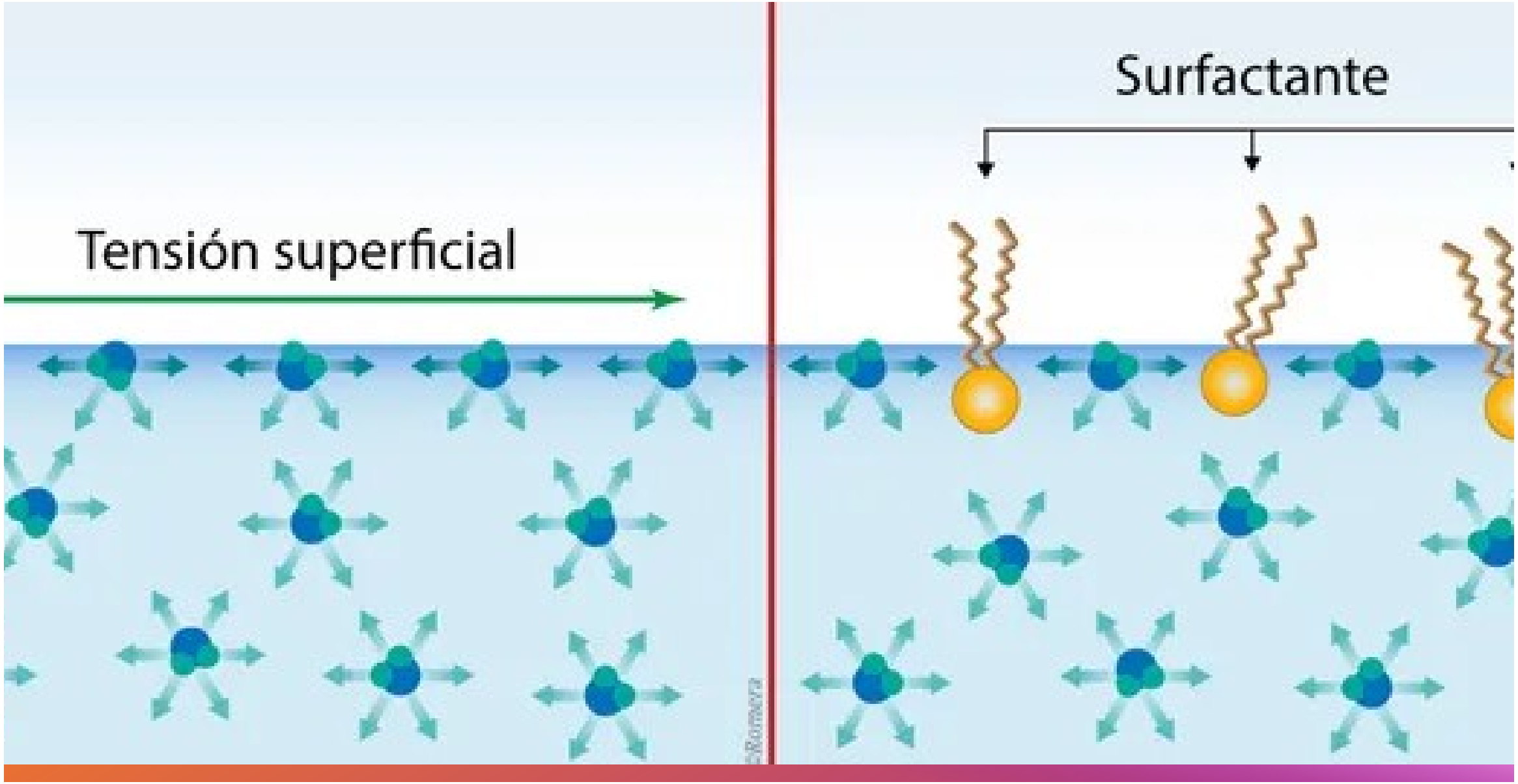
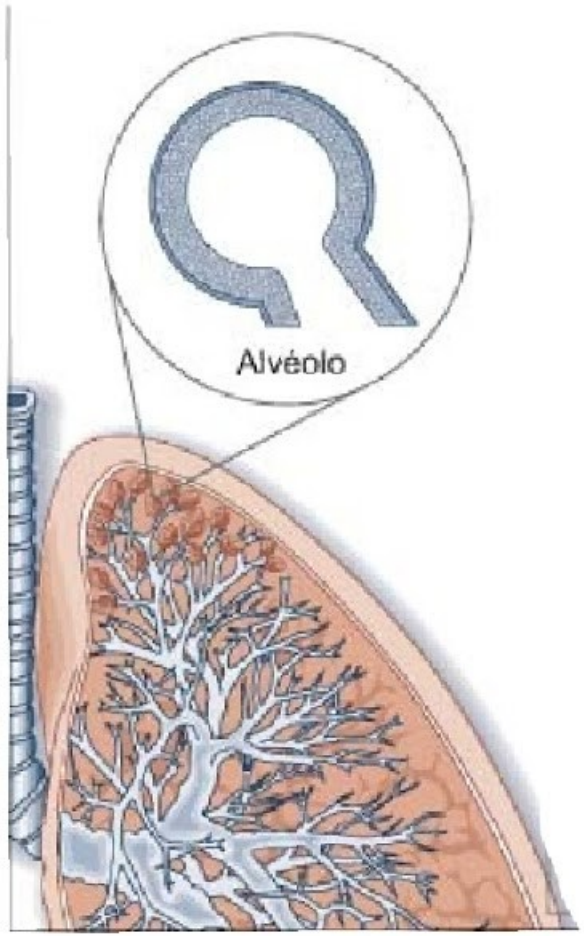


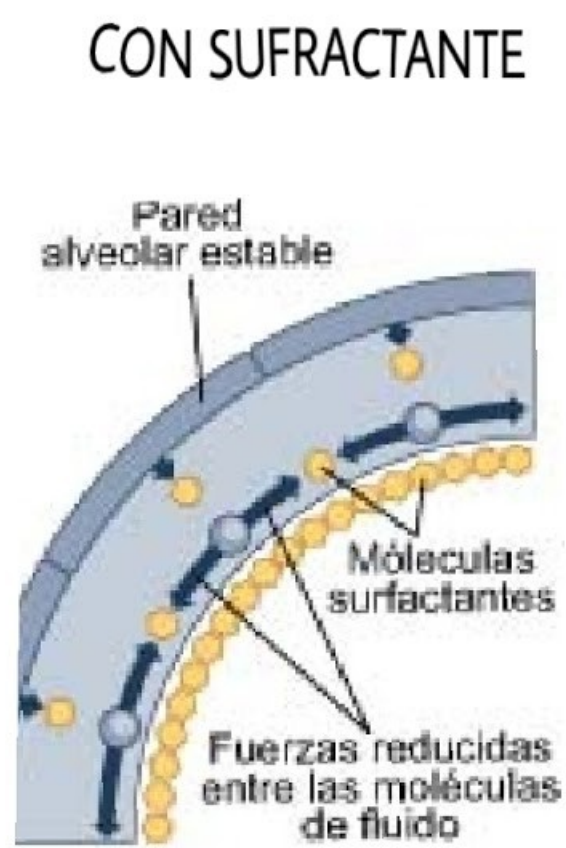
Lámina de Líquido
Neumocito tipo 1
Neumocito tipo 2
Surfactante
H2O


Surfactante
Tensión superficial

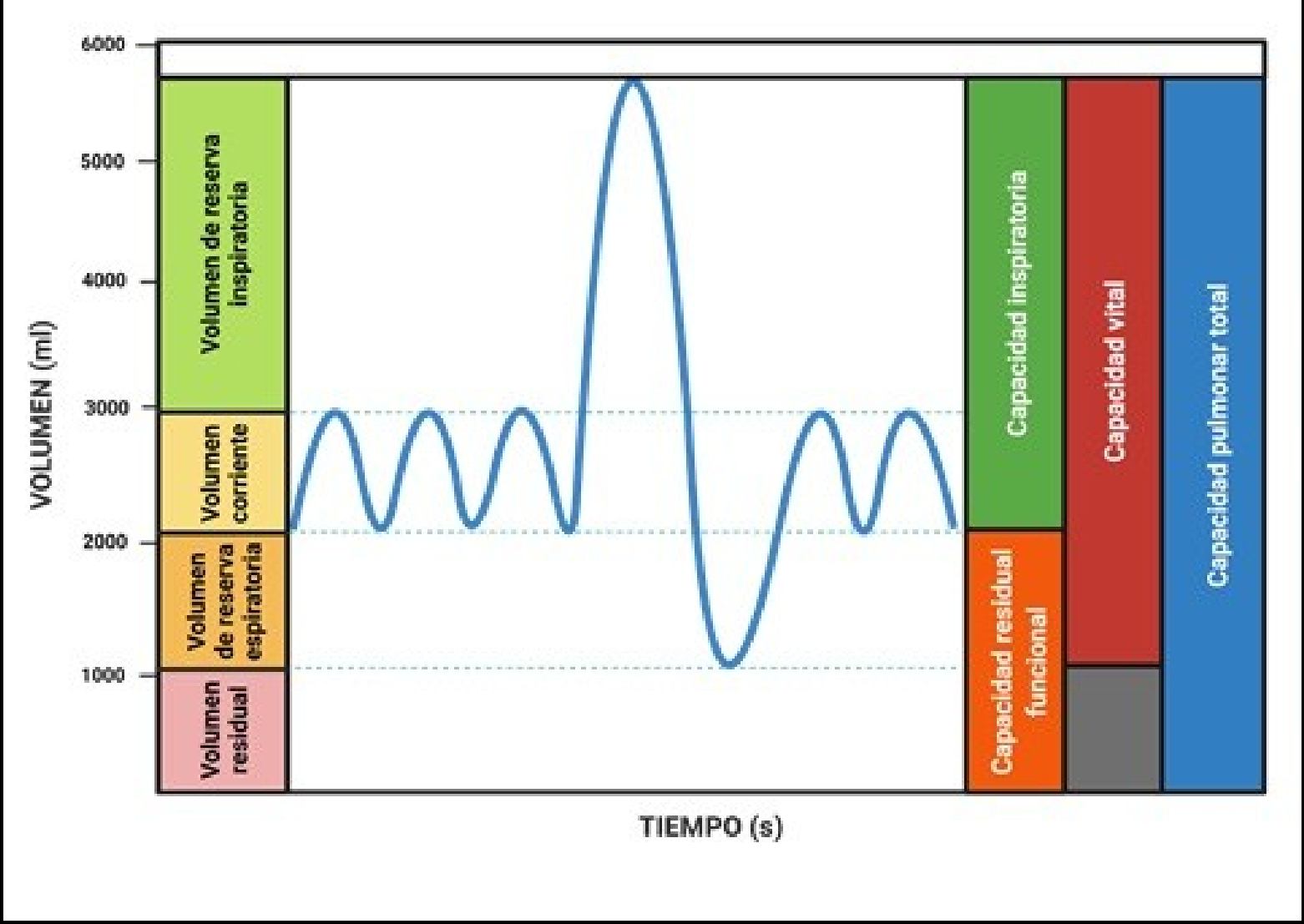
- El tensoactivo pulmonar es una mezcla compleja de fosfolípidos, lípidos neutros y proteínas que se sintetizan en las células alveolares tipo II.
- El tensoactivo pulmonar forma una monocapa, con su superficie hidrófoba de frente hacia los gases en el aire alveolar.


Alvéolo

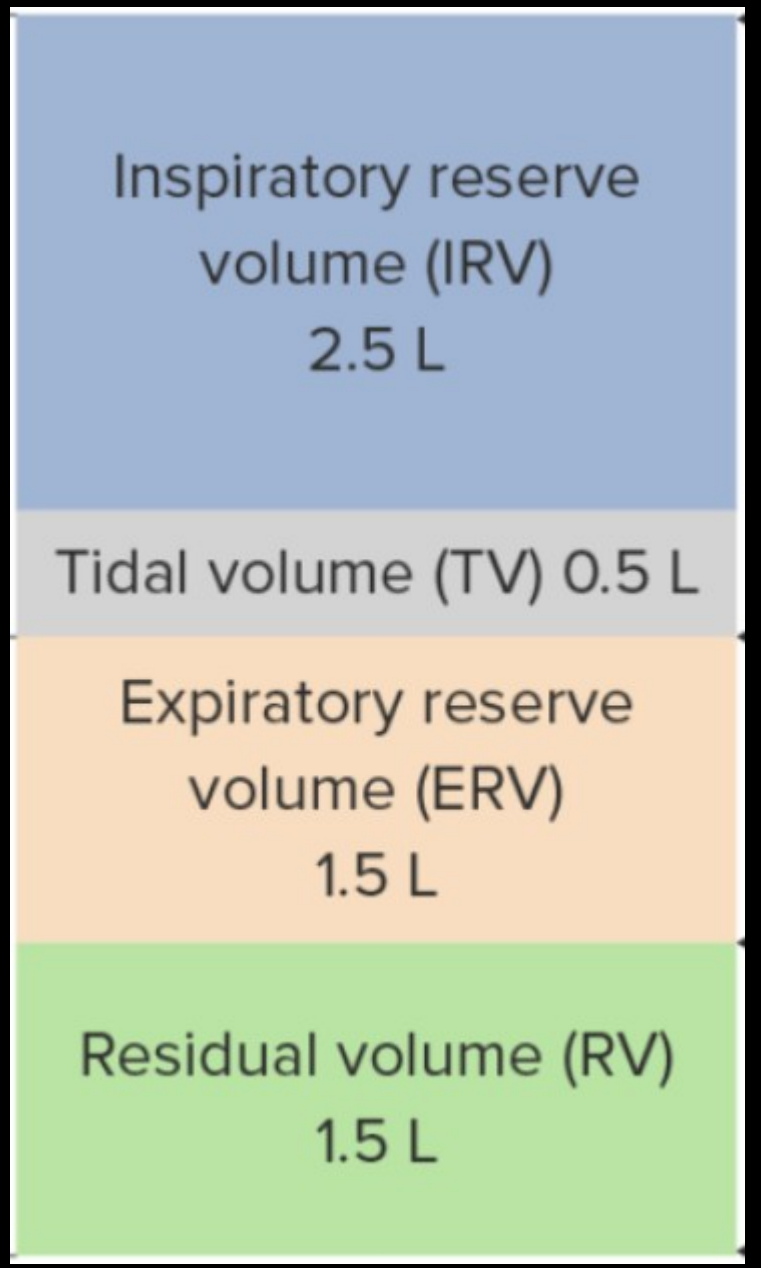
SIN SUFRACTANTE
Fuerzas que tienden a colapsar la pared alveolar
Fuerza cohesiva
Molécula de fluido


CON SUFRACTANTE
Pared alveolar estable
Móleculas surfactantes
Fuerzas reducidas entre las moléculas de fluido

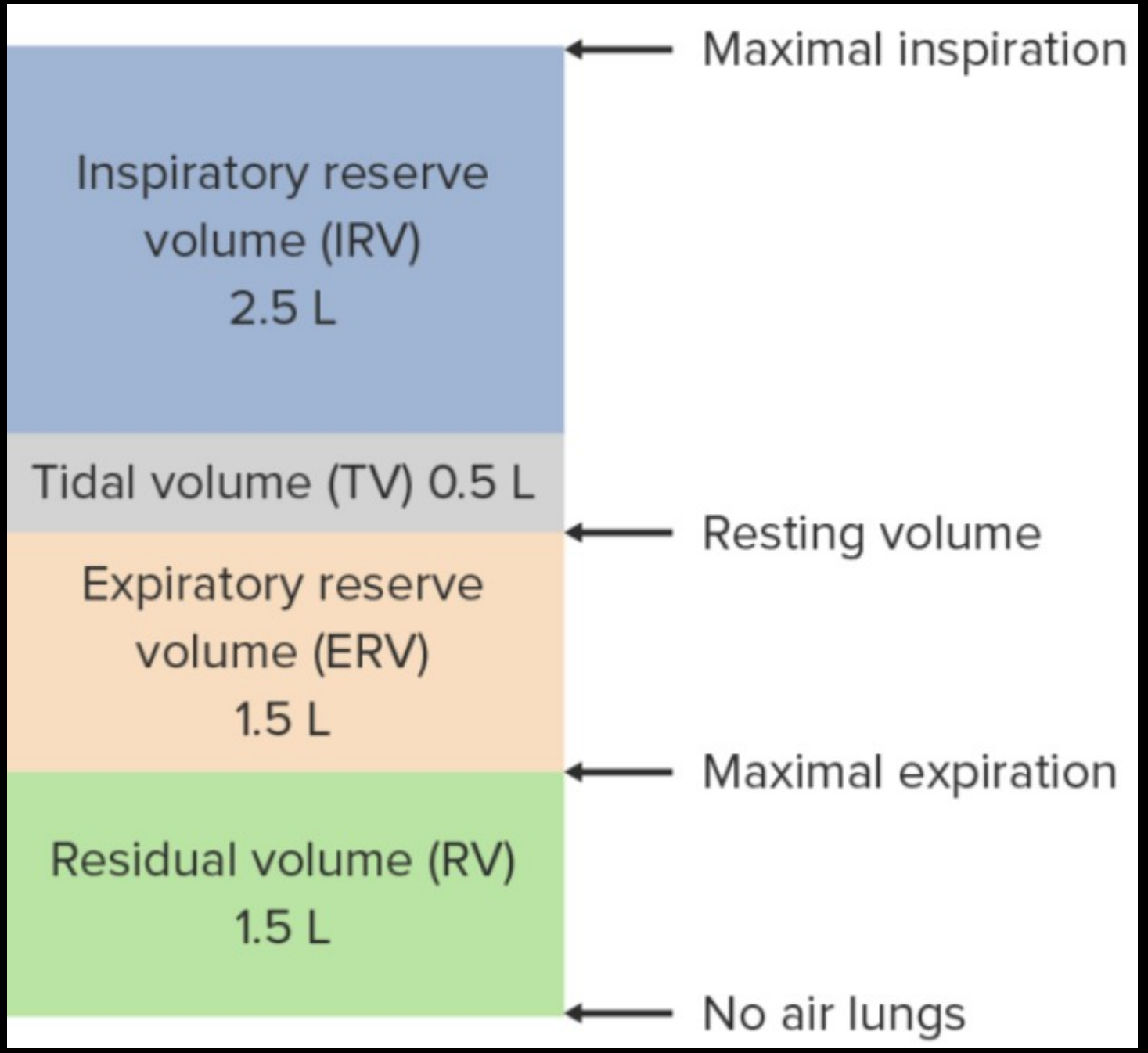
Volúmenes y capacidades pulmonares



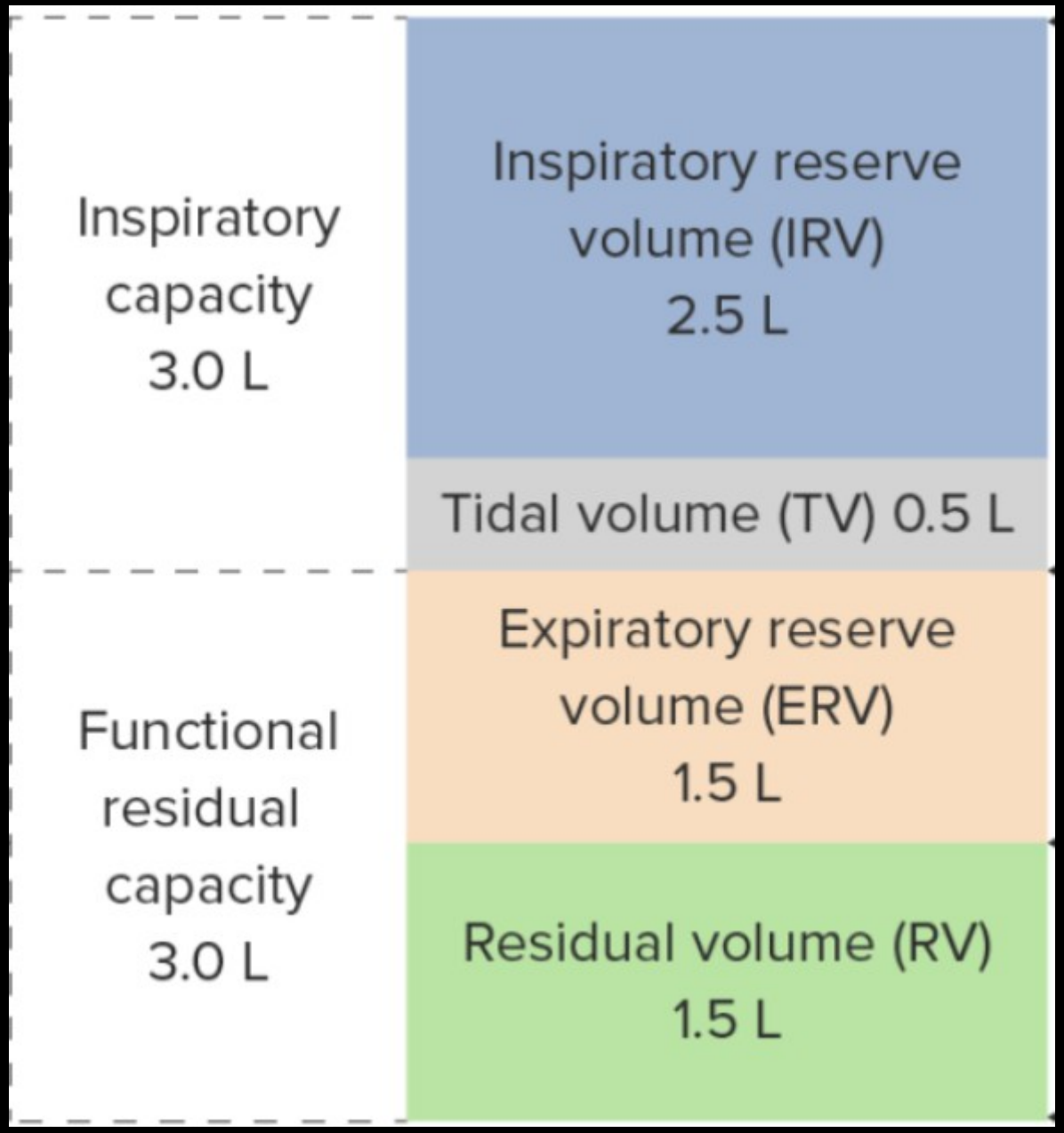
- El volumen corriente (VT) es el volumen de aire inspirado y exhalado) con cada respiración.
- La cantidad máxima de aire que puede inspirarse se llama volumen de reserva inspiratorio (VRI)
- La cantidad máxima que puede exhalarse es el volumen de reserva espiratorio (VRE).

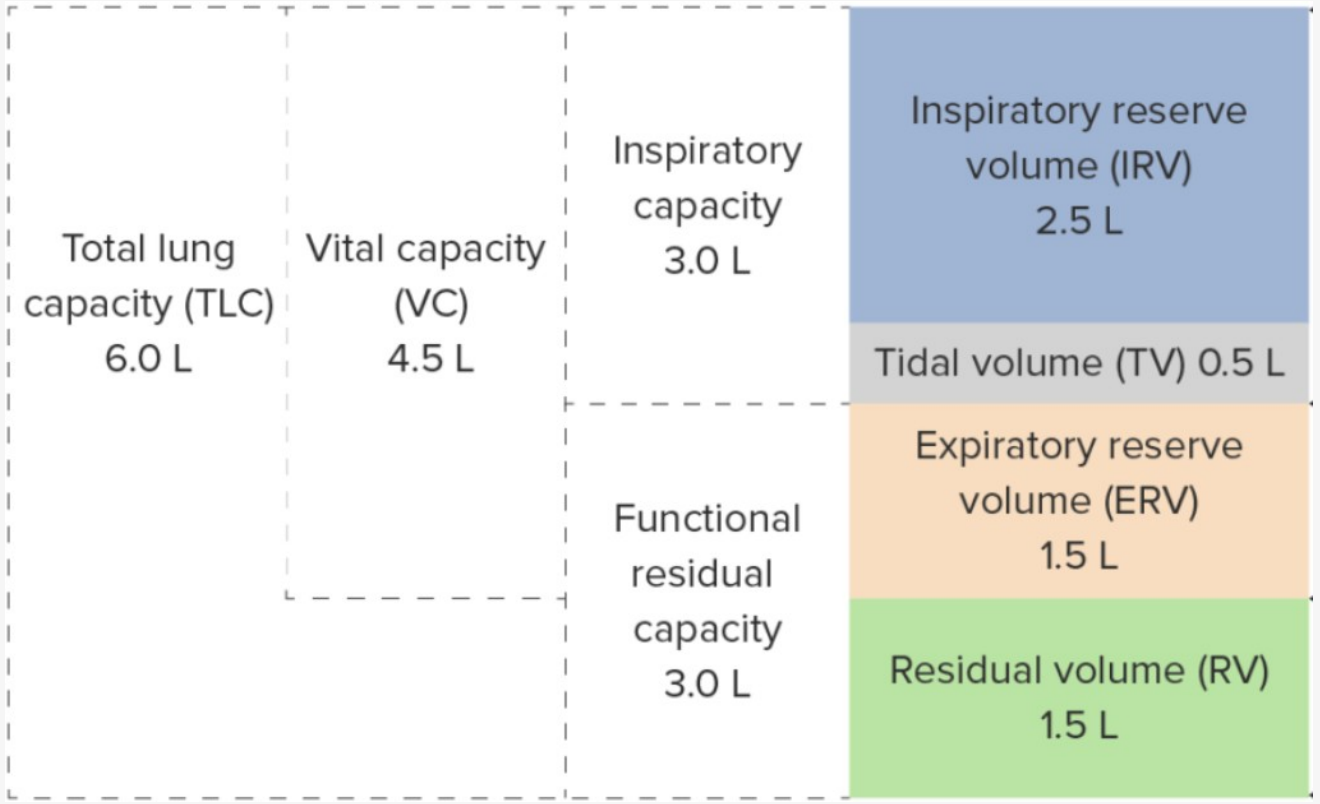


- Cerca de 1 200 ml del aire siempre permanecen en los pulmones después de la espiración forzada; este aire es el volumen residual (VR).



- La capacidad inspiratoria es igual al VT, más el VRI
- La capacidad residual funcional es la suma del VR y el VRE.



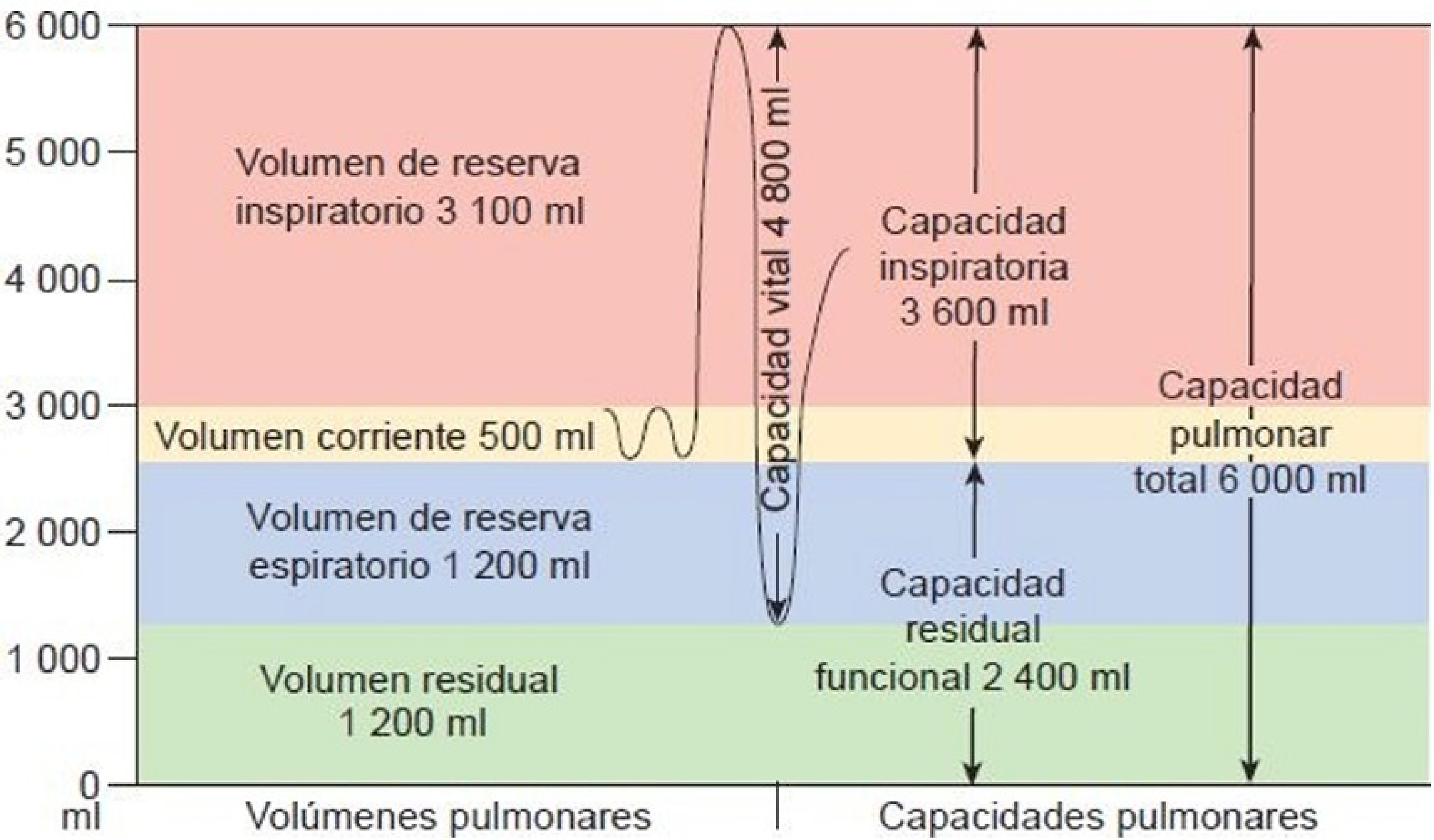


- La capacidad vital es igual al VRI, más el VT, más el VRE. Ésta es la cantidad de aire que puede exhalarse desde el punto de inspiración máxima.
- La capacidad pulmonar total es la suma de los volúmenes en los pulmones.

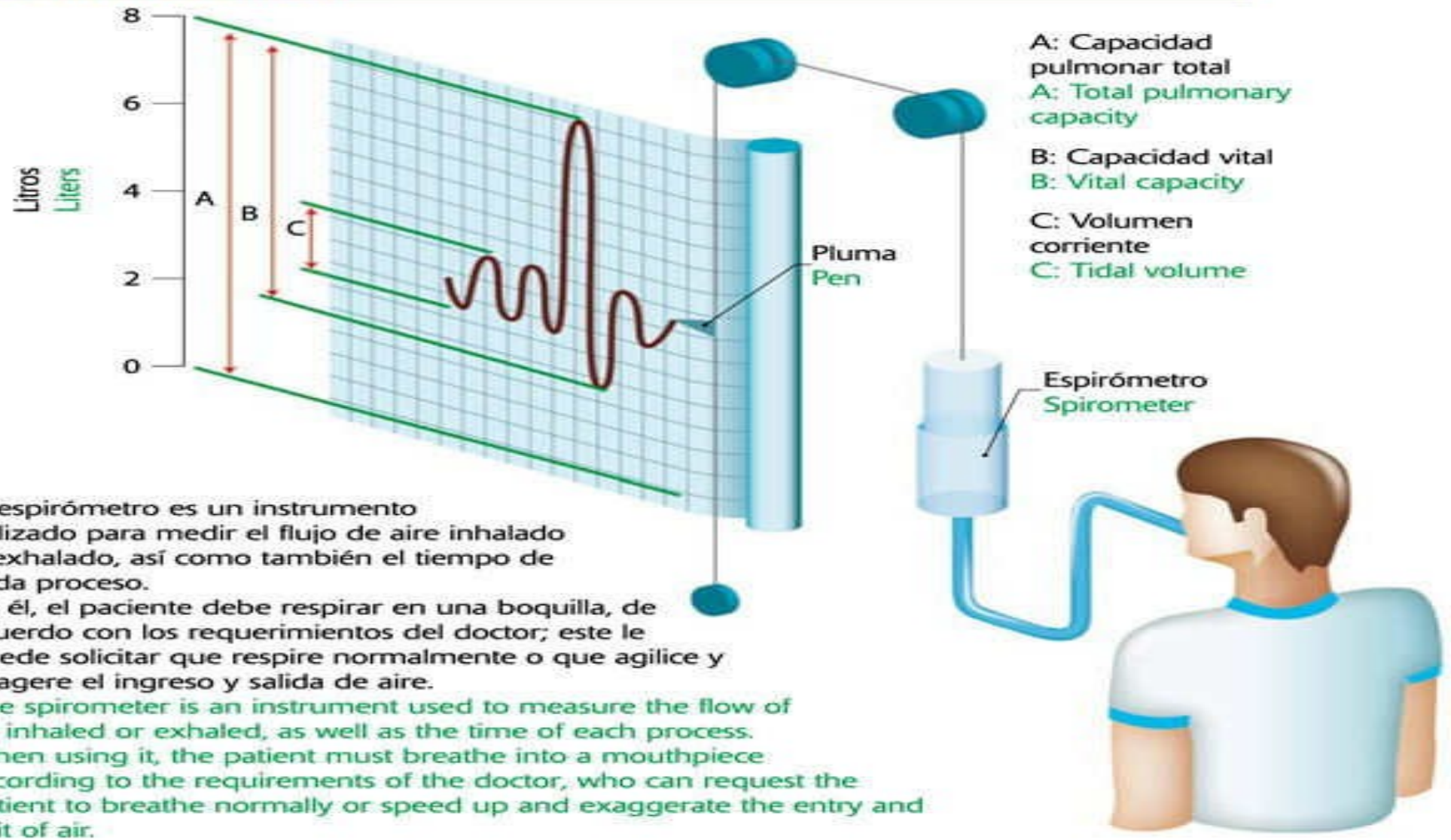
Hombre de 54 años de edad, que acude a consulta por disnea de esfuerzo de 9 meses de evolución. La exploración física muestra la presencia de estertores crepitantes en la auscultación. La radiografía de tórax presenta un patrón reticular que afecta las bases pulmonares. ¿Qué dato esperaría encontrar en la exploración funcional respiratoria?:

-)

a) Relación FEV1/FVC inferior al 60% del valor teórico.
b) Normalidad de la medición de la capacidad de difusión.
c) Prolongación del tiempo espiratorio.
d) Capacidad vital disminuida.
e) Aumento de la Capacidad Residual funcional


6 000
5 000
4 000
3 000
2 000
1 000
0
ml
Volumen de reserva inspiratorio 3 100 ml
Volumen corriente 500 ml
Volumen de reserva espiratorio 1 200 ml
Volumen residual 1 200 ml
Capacidad vital 4 800 ml
Capacidad inspiratoria 3 600 ml
Capacidad residual funcional 2 400 ml
Capacidad pulmonar total 6 000 ml
Volúmenes pulmonares
Capacidades pulmonares

El espirómetro / The spirometer



El espirómetro es un instrumento utilizado para medir el flujo de aire inhalado o exhalado, así como también el tiempo de cada proceso.
En él, el paciente debe respirar en una boquilla, de acuerdo con los requerimientos del doctor; este le puede solicitar que respire normalmente o que agilice y exagere el ingreso y salida de aire.

The spirometer is an instrument used to measure the flow of air inhaled or exhaled, as well as the time of each process.
When using it, the patient must breathe into a mouthpiece according to the requirements of the doctor, who can request the patient to breathe normally or speed up and exaggerate the entry and exit of air.

Señale qué afirmación, de las siguientes, relativas a la capacidad pulmonar total es correcta:

a) Es el volumen de aire que permanece atrapado en los pulmones al final de una espiración normal.
b) Se incrementa característicamente en las neumopatías intersticiales difusas.
c) En personas sanas oscila entre 20 y 30 L/min.
d) Es la suma de la capacidad vital y el volumen residual.
e) Es el volumen de aire movilizado por el parénquima pulmonar en un minuto.

Estudios de la función pulmonar.

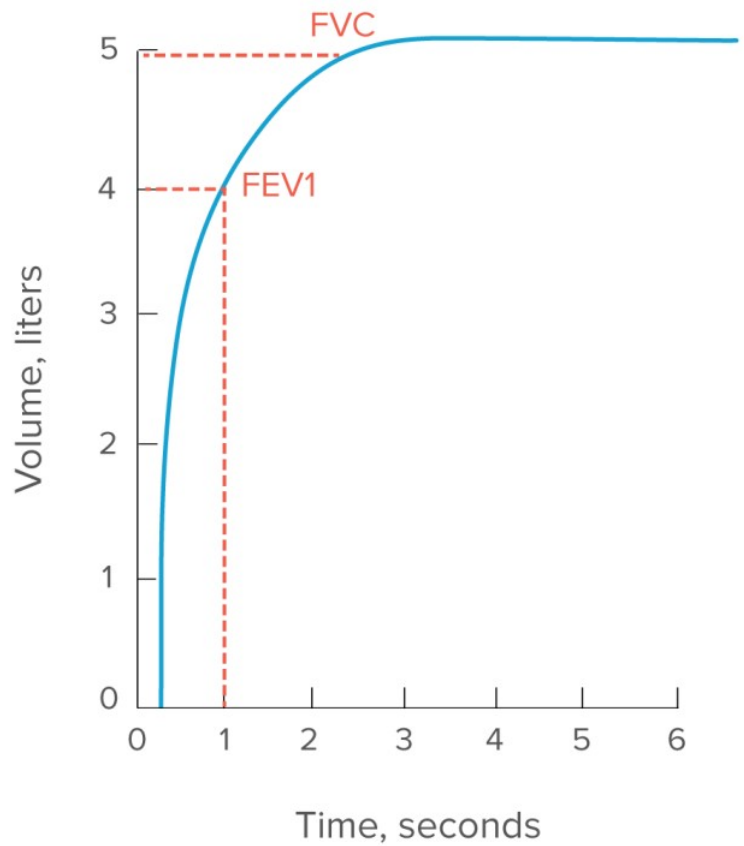
- Las medidas de función pulmonar incluyen
- Ventilación voluntaria máxima,
- Capacidad vital forzada,
- Volúmenes espiratorios forzados.
- Tasas de flujo, y flujos inspiratorios forzados.

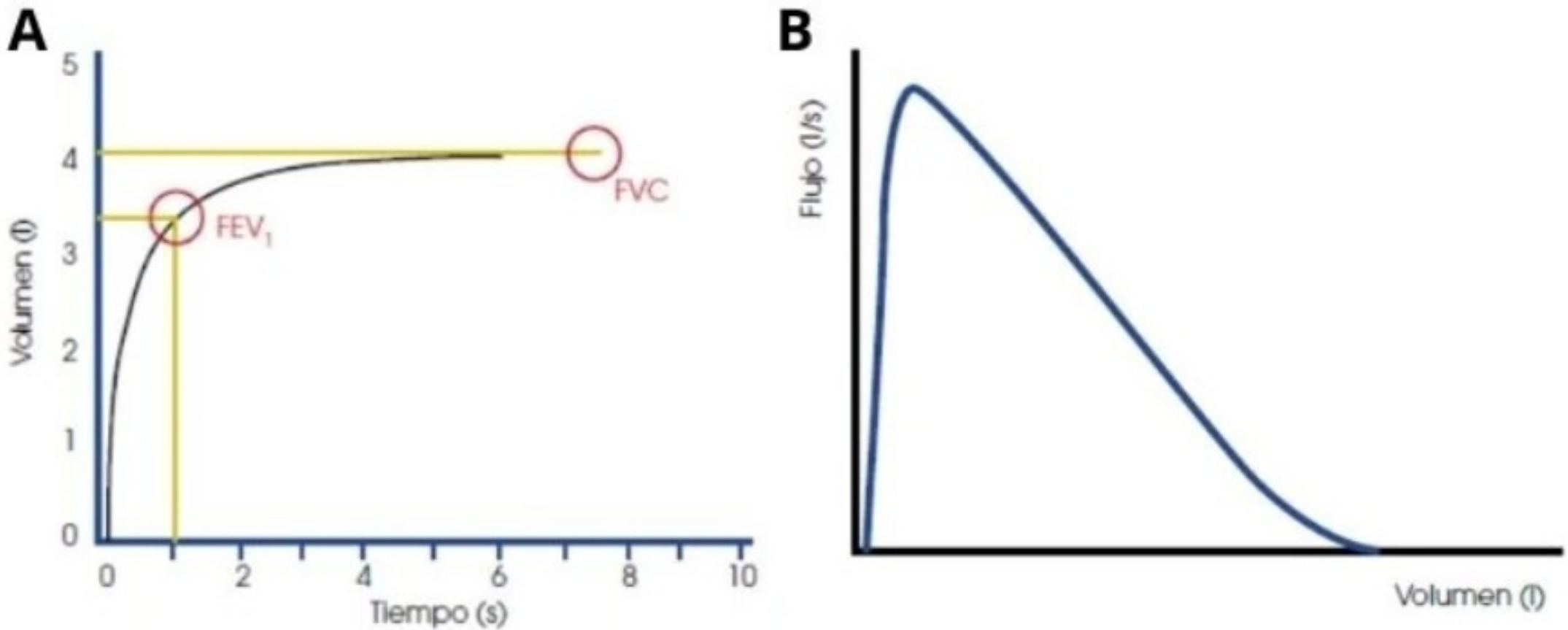
Señale la relacion FALSA:

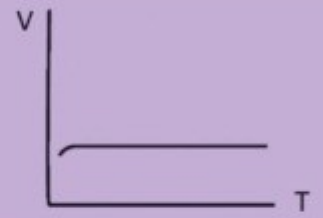
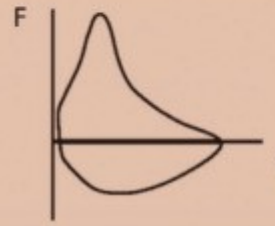
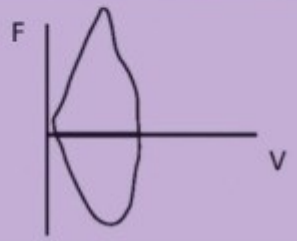
a) Capacidad vital (CV): volumen espirado máximo después de una inspiración máxima.
b) Capacidad pulmonar total (CPT): volumen que contienen los pulmones en la posición de inspiración máxima.
c) Volumen espiratorio de reserva (VER): volumen espirado después de una espiración normal.
d) Volumen residual (VR): volumen inspirado y/o espirado encada movimiento respiratorio.
e) Capacidad funcional residual (CFR): volumen de gas que contienen los pulmones tras una espiración normal.

FVC:	Capacidad vital forzada o volumen de aire expulsado mediante una espiración forzada. Se expresa en litros.
FEV_1:	Volumen máximo expulsado en el primer segundo de la espiración forzada. Se expresa en litros.
FEV_1/FVC:	Relación entre FEV_1 y FVC medidos. Puede expresarse en valor absoluto o porcentual (FEV_1%). No debe ser confundido con el índice de Tiffeneau o relación entre FEV_1 y capacidad vital (VC), dado que en circunstancias patológicas la FVC puede ser inferior a la VC debido al colapso dinámico de la vía aérea.
$FEF_{25-75\%}$:	Flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% de la FVC. Se expresa en litros/segundo.
PEF:	Flujo pico espiratorio o flujo espiratorio máximo conseguido durante la espiración forzada. Se expresa en litros/segundo.

Healthy




A
5
4
3
2
1
0
Volumen (l)
FVC
FEV1
0
2
4
6
8
10
Tiempo (s)
B
Flujo (l/s)
Volumen (l)

	NORMAL	OBSTRUCCIÓN	RESTRICCIÓN
CURVA VOLUMEN/TIEMPO			
CURVA FLUJO/VOLUMEN			

Un paciente tiene un volumen espiratorio en el primer segundo, (FEV1)<60% de lo previsto después de broncodilatadores y la relación entre el FEV1 y la capacidad vital inspiratoria (FEV1/VC) es del 78%.
El patrón espirométrico corresponde a:

a) Tiene una obstrucción leve.
b) Tiene una obstrucción moderada.
c) Tiene una obstrucción severa.
d) No tiene obstrucción.
e) Podemos concluir que tiene una fibrosis pulmonar.

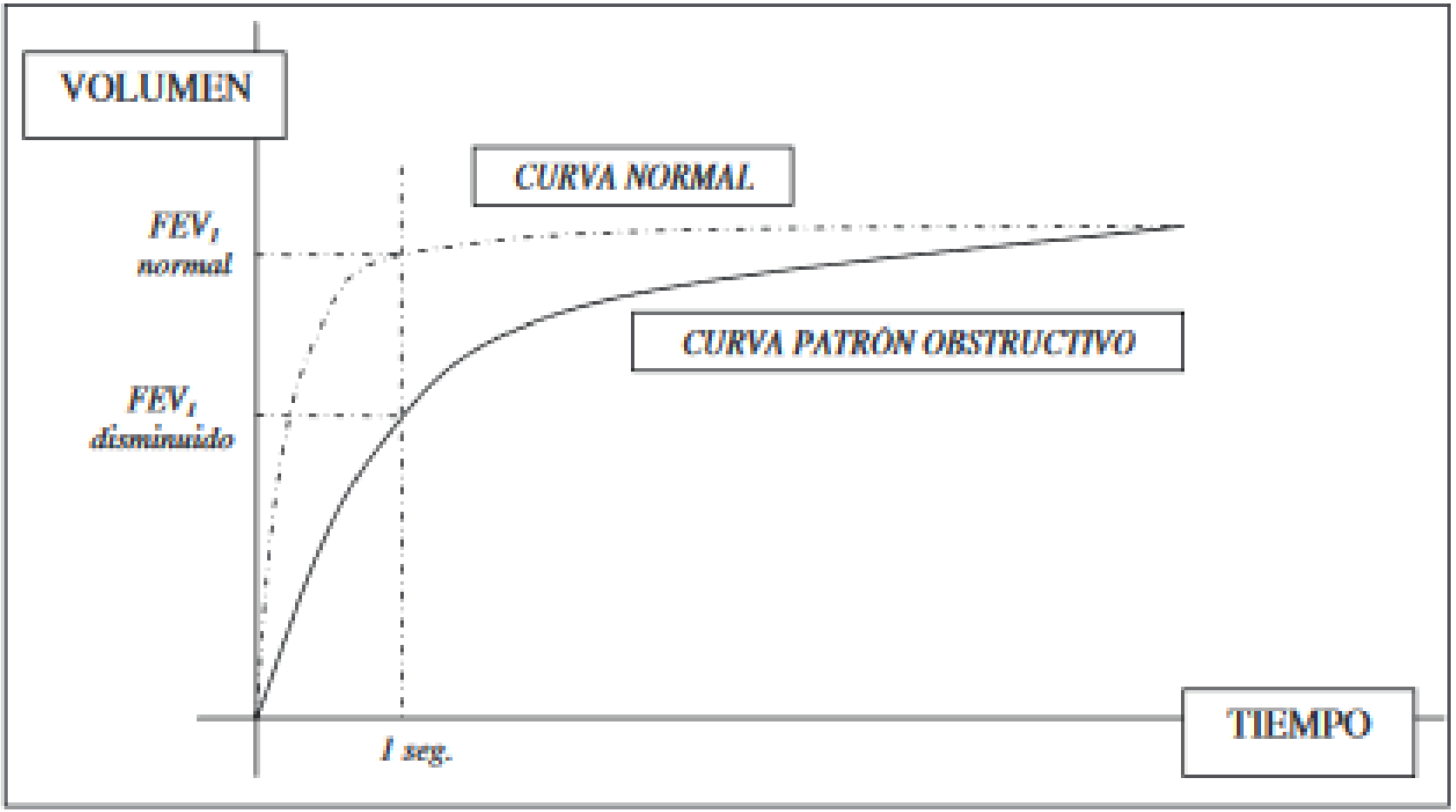
Obstructivas.

- Incremento anormal de la resistencia de las vías aéreas del flujo espiratorio ya que algo esta impidiendo la salida normal del aire por lo que habrá una disminución de la elasticidad pulmonar y debido a esto los pulmones no pueden regresar a su posición original.

- Asma.
- EPOC.
- Bronquitis obstructiva.
- Bronquiolitis.
- Fibrosis quística.
- Efisema.

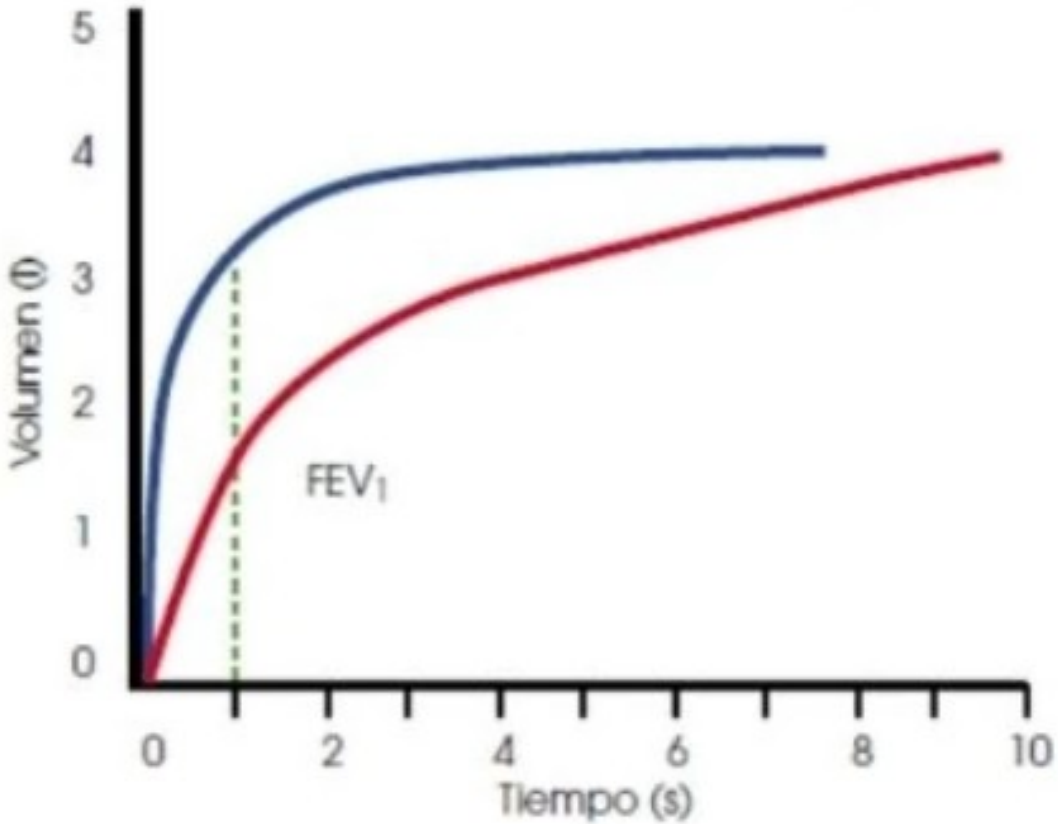
Patrón obstructivo, reducción del flujo aéreo.

- FVC normal o baja·
- FEV1 disminuido.
- FEV1/FVC disminuido < 70%
- **Nivel de gravedad:**
- 1) ligera :hasta el 70%
- 2) moderada: 69-50%
- 3) grave: 49-35%
- 4) muy grave :< del 35%

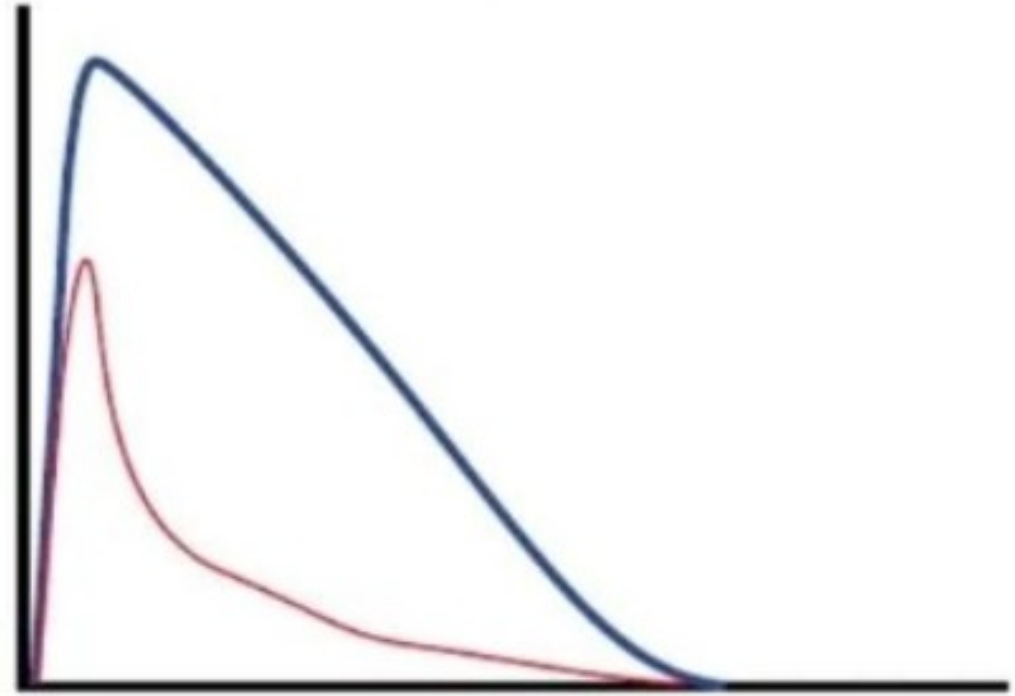


Patrón obstructivo

Curva volumen/ tiempo



Curva flujo/volumen



Una espirometría muestra una capacidad vital baja, capacidad forzada (CVF) baja, un volumen espiratorio máximo por segundo (VEMS) bajo, y un cociente VEMS/CVF del 30%.
Su interpretación sería de:

a) Enfermedad restrictiva parenquimatosa.
b) Enfermedad obstructiva.
c) Enfermedad restrictiva extraparenquimatosa.
d) No se puede interpretar sin conocer el volumen residual.
e) No se puede interpretar sin conocer la PaO2.

Señale cuál de los siguientes parámetros NO se observa en la enfermedad pulmonar obstructiva:

a) La capacidad total pulmonar (CTP), está disminuida.
b) El volumen residual (VR) está elevado.
c) La capacidad vital (CV) suele estar disminuida.
d) El (FEV1), está disminuido.
e) El nivel de flujo máximo espiratorio medio (MMFR), está disminuido.

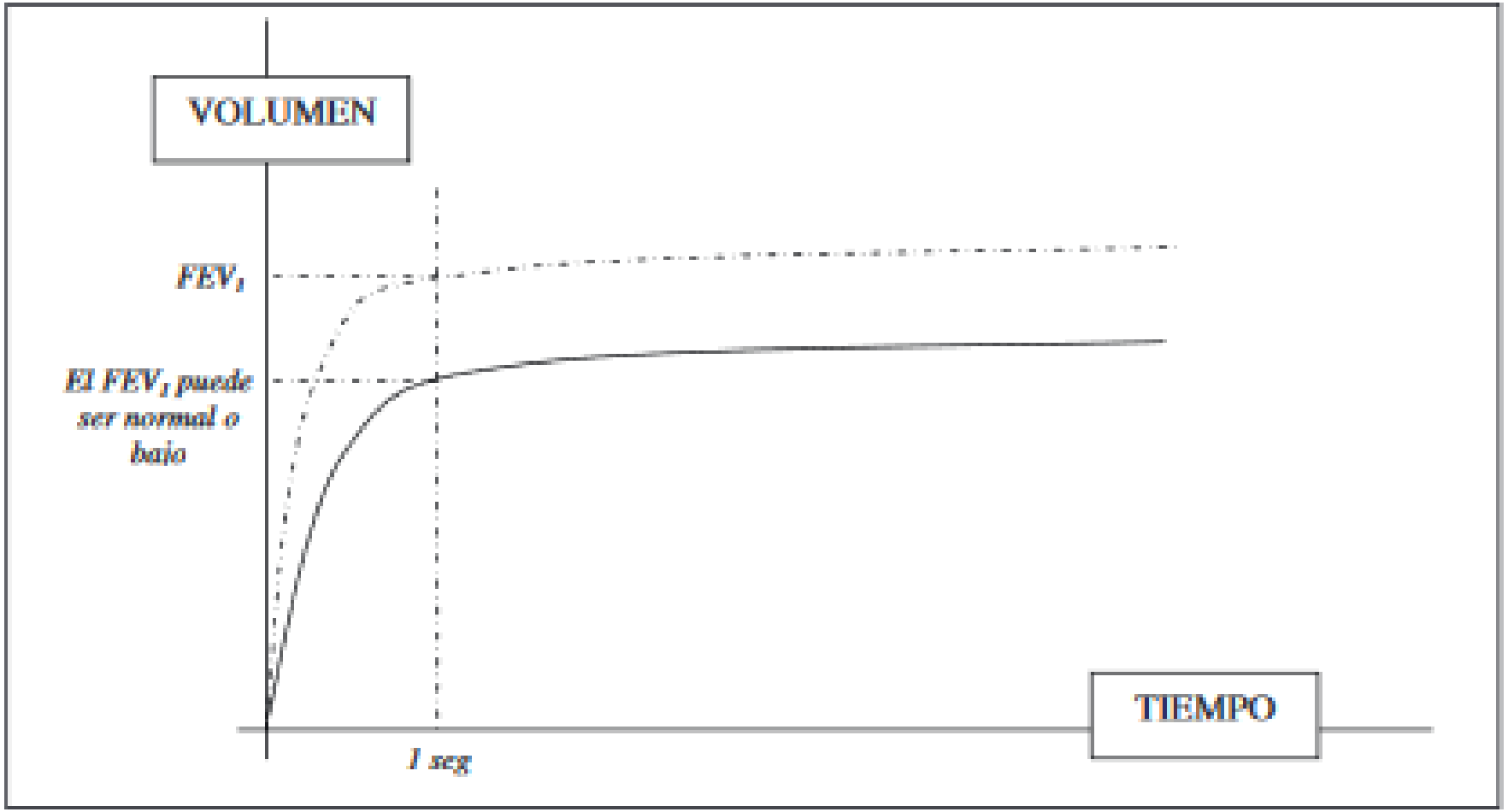
¿Cuál de las siguientes alteraciones espirométricas NO indica una patología bronquial obstructiva?:

a) Disminución de la capacidad pulmonar total.
b) Aumento del volumen residual pulmonar.
c) Disminución de la relación FEV1/FVC.
d) Disminución de la capacidad vital.
e) Depresión del FEF 25-75.

Restrictivo.

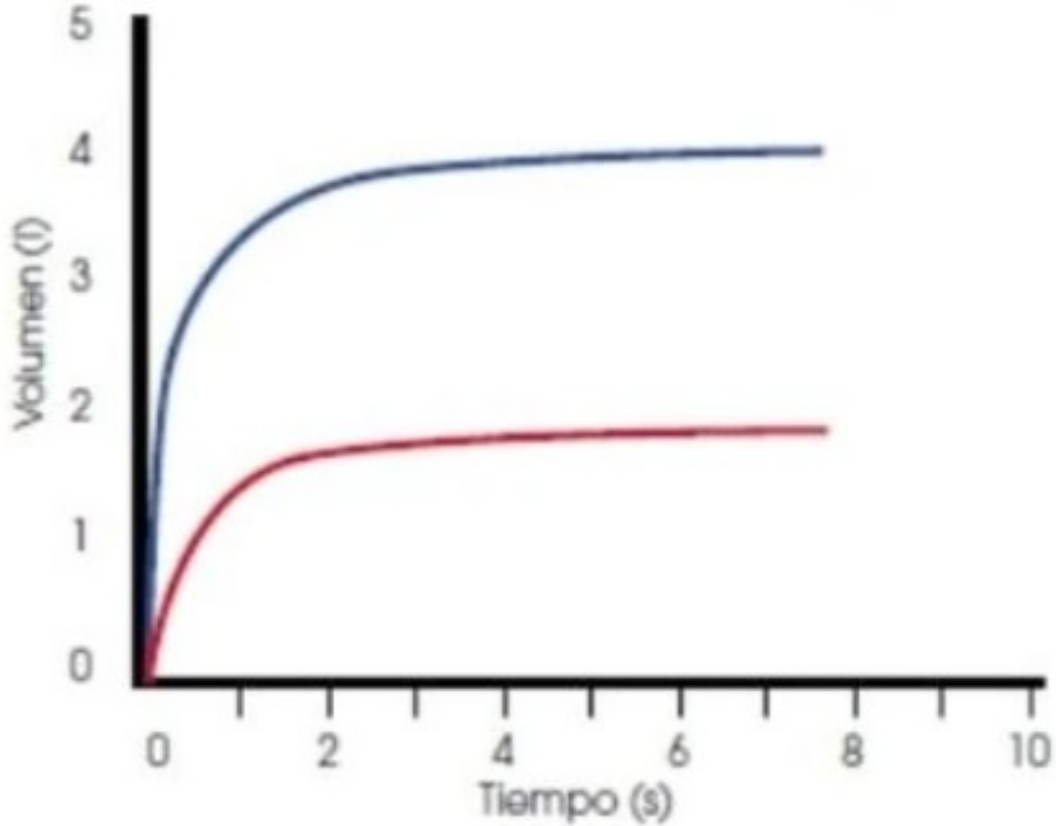
- Disminución en la distención pulmonar debido al incremento dela resistencia en las vías aéreas en los flujos inspiratorios (Los pulmones no pueden crecer o expandirse porque algo esta impidiéndolo la entrada del aire)

- Neumotórax,
- TBC,
- Neumoconiosis, Silicosis,
- Atelectasia,
- Fibrosis pulmonar,
- Derrame pleural

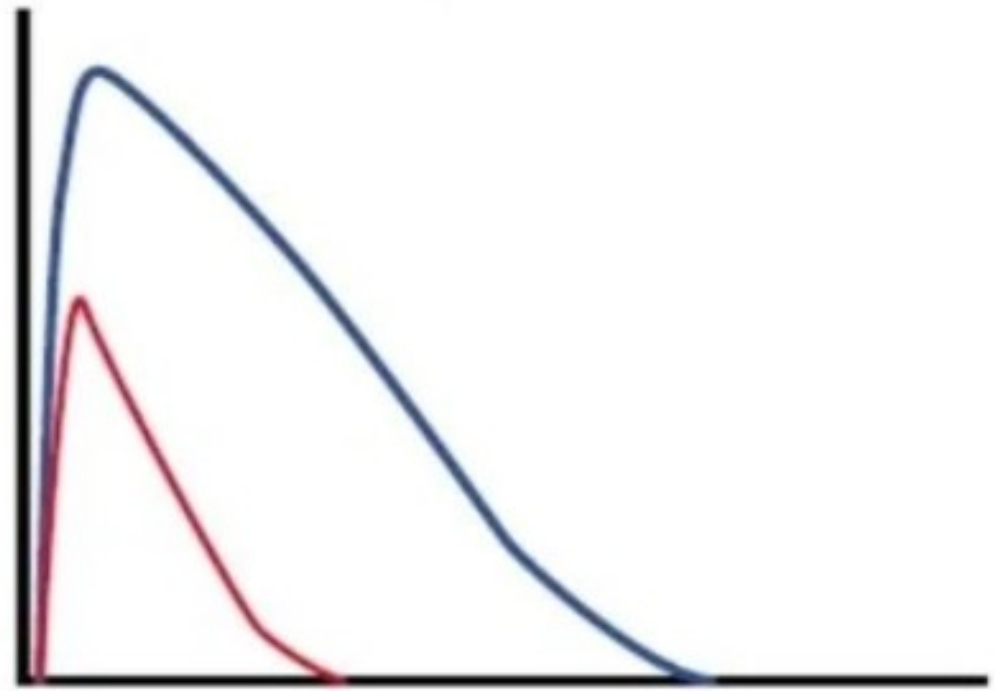


Patrón restrictivo

Curva volumen/ tiempo



Curva flujo/volumen



Patrón restrictivo, reducción de la capacidad pulmonar toral.

- FVC disminuido.
- FEV1 disminuido.
- FEV1/FVC normal.

Característica	Obstructiva	Restrictiva
Flujo de aire	Dificultad para exhalar	Dificultad para inhalar
Capacidad pulmonar	Normal o aumentada (hiperinsuflación)	Disminuida
FEV1/FVC	Disminuido	Normal o aumentado
Ejemplos	EPOC, Asma	Fibrosis Pulmonar, Obesidad